

**Monika MALARA, Agata RACZYŃSKA**, Inżynieria Biomedyczna, Politechnika Śląska, Zabrze

**Iwona CHUCHNOWSKA**, Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska, Zabrze

## **CZUJNIKI – KLUCZEM DO WSPOMAGANIA ROZWOJU PSYCHORUCHOWEGO DZIECI**

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono zagadnienia dotyczące zaburzeń i metod wspomaganie rozwoju psychoruchowego, z wykorzystaniem podzespołów elektronicznych. W związku z brakiem urządzeń dostosowanych do potrzeb oraz ograniczeń dzieci niepełnosprawnych, dokonano przeglądu dostępnych czujników. Zweryfikowano je pod kątem zastosowania w urządzeniach projektowanych z myślą o dzieciach z zaburzeniami motoryki precyzyjnej. Przeprowadzono badania precyzji i siły nacisku z udziałem dzieci niepełnosprawnych i zdrowych.

**Słowa kluczowe:** Czujniki, motoryka precyzyjna, integracja sensoryczna, siła nacisku

### 1. WSTĘP

Obecnie pedagogika oraz psychologia określają zabawę jako podstawę działalności dziecięcej, będącej niezbędnym elementem prawidłowego rozwoju dziecka. Zwłaszcza podczas choroby oraz rehabilitacji najmłodszy poprzez zabawę uczą się, poprawiając jednocześnie swój stan zdrowia i psychikę. Dostarczenie odpowiedniego wyposażenia edukacyjno-rozwojowego, dostosowanego do wieku, zainteresowań oraz aktualnego stanu zdrowia dziecka, jest czynnikiem przyspieszającym rekonwalescencję. Uszkodzenie narządu ruchu u dzieci, upośledzenie umysłowe, czy zaburzenia wzroku, słuchu charakteryzują się specyficznymi cechami zachowania, które należy uwzględnić przy różnych formach terapii [2]. Z pomocą przychodzą nowinki technologiczne oraz stale rozwijająca się elektronika. Zastosowanie odpowiednich czujników oraz elementów pasywnych pozwala zrealizować interesujące urządzenia przeznaczone dla dzieci niepełnosprawnych, znacznie uatrakcyjnia zabawki edukacyjne, dzięki czemu dzieci chętniej się nimi bawią i znacznie łatwiej przyswajają wiedzę. Stworzono urządzenie wykorzystujące czujniki do pomiaru siły nacisku wraz z elementami motywującymi. Przeprowadzono badania z jego zastosowaniem w jednej ze Szkół Specjalnych, których głównym celem było zbadanie precyzji chwytu oraz siły nacisku w zależności od rodzaju i stopnia niepełnosprawności. Urządzenie zapewnia interaktywność, różnorodność i możliwość dostosowania do większości dysfunkcji ruchowych i neurologicznych. Bieżąca kontrola postępów ćwiczeń, silne motywowanie dziecka, pomoc podczas prowadzenia czynności koordynacji wzrokowo-ruchowej, to tylko część opcji, które mogą być realizowane z zastosowaniem elektroniki. Niestety, rynek oferuje bardzo niewiele rozwiązań skierowanych dla dzieci z zaburzeniami psychoruchowymi oraz urządzeń projektowanych z myślą o nich. Dostępne są jedynie aplikacje uruchomiane za pomocą komputera, telefonu, tabletu do których placówki oświatowe mają ograniczony dostęp.

## 2. CHOROBY ZABURZAJĄCE MAŁĄ MOTORYKĘ

Zaburzenia w rozwoju manualnym charakteryzują się głównie nieprawidłowym napięciem mięśni palców, dłoni, nadgarstka i przedramienia oraz zakłóceniami koordynacji wzrokowo - ruchowej. Wszelkie opóźnienia mogą być związane z różnym tempem dojrzewania układów stawowo - mięśniowych, co powoduje niedostateczne, dla wykonania danego ruchu, napięcie mięśniowe [3]. Innymi przyczynami opóźnień w rozwoju ruchowym dziecka mogą być: uszkodzenie ośrodkowego lub obwodowego układu nerwowego (np. niedowłady kończyn, porażenia połowicze prawej bądź lewej strony ciała), niedojrzałość albo mikrouszkodzenia układu piramidowego lub pozapiramidowego, zaburzenia procesu lateralizacji, urazy głowy, zapalenie opon mózgowych i mózgu w okresie jego dynamicznego rozwoju.

Opóźnienia w rozwoju motoryki widoczne są między innymi u dzieci z: autyzmem, upośledzeniem umysłowym, mózgowym porażeniem dziecięcym, wodogłowiec oraz u dzieci z uszkodzeniami lub zaburzeniami czynności układu nerwowego. Dzieci te często charakteryzują objawy takie jak spastyczność, porażenie lub niedowłady (określane również jako osłabienie mięśni), wzmożenie odruchów głębokich oraz zaburzenia koordynacji wzrokowo - ruchowej. Ponadto widoczny jest zbyt wysoki/niski poziom aktywności ruchowej, impulsywność oraz trudności w dłuższym skoncentrowaniu się na określonym przedmiocie - dominuje uwaga mimowolna.

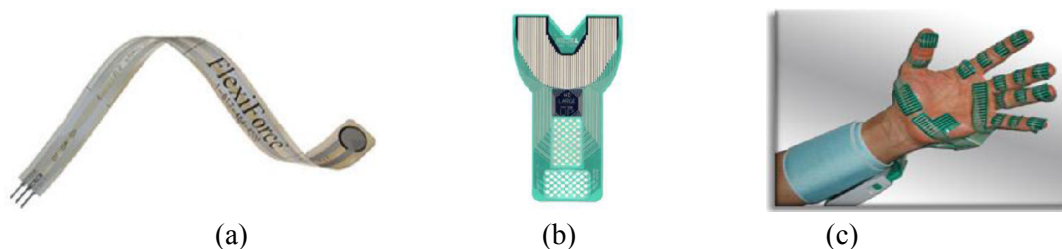
Niepełnosprawność umysłową należy rozpatrywać pod kątem głębokości upośledzenia wyrażonego poprzez stopnie: lekki, umiarkowany, znaczny i głęboki. Pozwalają one określić jakie cechy będą charakteryzować niepełnosprawnego. W stopniu lekkim sprawność spostrzegania występuje w normie, osoby mają problemy z wyróżnieniem istotnych szczegółów, ich uwaga skupia się na konkretnych rzeczach, natomiast ograniczona jest na materiałach abstrakcyjnych [1]. Osoby te wolniej się uczą, często bez zrozumienia, posiadają dobrą pamięć mechaniczną, ale słabą logiczną i dowolną. Dominuje u nich wolne tempo myślenia, połączone z ograniczoną precyzją ruchów. Osoby umiarkowanie upośledzone umysłowo mają trudności w dłuższym skoncentrowaniu się na określonym przedmiocie czy czynnościach, dominuje u nich uwaga mimowolna, przyciągana przez nowy, silny lub niezwykle bodziec [1]. U osób znacznie upośledzonych umysłowo mogą wystąpić: wady wzroku, słuchu, niedowłady, porażenia kończyn oraz różne schorzenia somatyczne. Koncentrują uwagę mimowolną na przedmiotach i czynnościach, które budzą żywe zainteresowanie. W obrębie danej choroby, stopień niepełnosprawności decyduje o wyglądzie, zachowaniu czy rehabilitacji niepełnosprawnej osoby, w związku z czym wszystkie dzieci wymagają indywidualnego leczenia oraz wspomaganie rozwoju.

## 3. PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE, A PERCEPCJA WZROKOWO – RUCHOWA

Powszechne stosowanie elektroniki i jej komponentów przyczynia się do tworzenia urządzeń, przedmiotów zarówno w branży przemysłowej, jak i rozrywkowej i edukacyjnej. Obecnie ważne jest reagowanie i odczytywanie wszelkich nieprawidłowości bądź zmian świata zewnętrznego. Za wykrywanie tych zmian, czyli wielkości fizycznych odpowiada czujnik, główny element układu pomiarowego. Na wejściu otrzymuje on energię pochodzącą z różnych źródeł np. mechaniczne, cieplne, magnetyczne, elektryczne czy chemiczne [4]. Można bezpośrednio dokonywać pomiaru danej wielkości np. temperatury, bądź generować sygnał podczas pomiaru, w momencie osiągnięcia nieprawidłowej wielkości mierzonego parametru. Sensory, połączone z przetwornikami mikroprocesorowymi wykonują dodatkowe funkcje, które wykorzystuje się do bardziej zaawansowanego sterowania [2].

### 3.1. Czujnik dotyku i nacisku

Czujniki siły pozwalają na pomiar siły nacisku pomiędzy segmentem ciała (dłoń, stopa, palec), a jakąkolwiek powierzchnią. Dostępne w wykonanych jedno- i wielopunktowych, które mogą przyjmować różne kształty i dowolną ilość punktów pomiarowych w zależności od przeznaczenia.



Rys. 1. Przykład czujników dotyku: (a) czujnik punktowy, (b) czujnik szczękowy, (c) czujnik hand [5]

Idea działania czujników foliowych polega na zmianie rezystancji materiału nadrukowanego na cienkim, poliestrowym podłożu pod wpływem zewnętrznego nacisku na jego aktywny obszar [5]. Dzięki takiemu rozwiązaniu czujniki mają tylko  $100\mu\text{m}$  grubości oraz pozwalają na wykonywanie precyzyjnych pomiarów z dokładnością do  $0.1\text{N}$ . Możliwe jest wykorzystanie ich w urządzeniach wspierających małą motorykę w obrębie dłoni, wspomagając kształtowanie i kontrolowanie ruchów, w ćwiczeniach wszelkiego rodzaju chwytów, a poprzez to wzmocnienia napięcia mięśniowego rąk i palców.

### 3.2. Czujnik koloru

Czujniki koloru stosują metodę pomiarową tzw. trójkolorową, polegającą na podświetleniu elementu światłem czerwonym, zielonym, niebieskim. Na tej podstawie określają współrzędne chromatyczne odbitych promieni i sprawdzają z wzorcowymi wartościami, które zostały wcześniej zapisane [6]. Poszczególne modele różnią się głównie zasięgiem (od 12 do 60mm), a liczba kolorów, które czujnik zapamiętuje mieści się w przedziale od jednego do czterech. Można je wykorzystać do sprawdzania poprawności rozróżniania kolorów przez dziecko oraz kształtowania zdolności szukania analogii i skojarzeń [2].



Rys. 2. Czujnik koloru [6]

### 3.3. Czujnik ultradźwiękowy

Czujniki ultradźwiękowe wykorzystują falę dźwiękową o wysokich i nie słyszalnych dla ludzi częstotliwościach, powyżej 20 kHz. Działają na zasadzie odbicia fali ultradźwiękowej przeniesionej na energię mechaniczną. Napotkanie przeszkody, tworzy echo, czyli powrót odbitej fali dźwiękowej do czujnika. Działa on jak echosonda, przy pomocy układów elektronicznych, przetwornik piezoelektryczny wysyła wiązkę ultradźwiękową od  $100\ \mu\text{s}$  do  $1\text{ms}$  o częstotliwości 40-400 kHz. Wiązka odbija się od obiektu, a gdy powróci określany jest sygnał i odległość przedmiotu na podstawie pomiaru czasu jaki był potrzebny, aby fala przebyła całą drogę. Czujniki ultradźwiękowe są wykorzystywane do detekcji przedmiotów, ludzi, urządzeń, poziomów cieczy przezroczystych, nieprzezroczystych. Postęp, który nastąpił w elektronice sprawił, że te czujniki stały się tańsze, niezawodne i prostsze. Można je wcześniej w celach rozrywkowych. Aby przeprowadzić pomiary które dałyby miarodajne

wykorzystać w różnych środowiskach bez względu na zanieczyszczenia, porowatość powierzchni, barwy czy oświetlenie.

W związku z przeznaczeniem zgodnym z tematem niniejszego artykułu, stanowią one najwłaściwsze rozwiązanie ze względu na zasięg pomiaru od 2cm do 500cm z dokładnością do 0,3cm. Ponadto gwarantują krótki czas reakcji wynoszący 60ms od wykrycia obiektu. Mogą służyć do przeprowadzania ćwiczeń grafomotorycznych, sprawdzając poprawność ruchów dziecka, poprzez sygnalizowanie opuszczenia narzuconego obszaru rysowania. Prawidłowe wykonanie ćwiczenia, potwierdzone przez czujnik, zostaje nagrodzone efektami dźwiękowymi i świetlnymi, co dodatkowo motywuje dziecko do nauki i ćwiczeń [2].

### 3.4. Czujnik pojemnościowy

Czujniki pojemnościowe umożliwiają wykrywanie obiektów metalowych oraz niemetalowych (np. szkła, drewna, plastiku, płynów, ceramiki). Wszystkie czujniki posiadają potencjometr umożliwiający regulację czułości i reagują na materiał, z którego wykonany jest dany obiekt [7]. Przykładem zastosowania może być okrągła tablica manualna ze specjalnymi otworami o różnych kształtach, wypełnianych przez dziecko masą (np. piaskoliną), kulkami metalowymi, elementami drewnianymi i plastikowymi. Pod każdym otworem znajdzie się czujnik indukcyjny lub pojemnościowy, który zareaguje na obiekt. Pozwoli to na określenie, co zostało umieszczone w pustych polach i sprawdzi poprawność zadania, uaktywniając odpowiednią stymulację np. włożenie w odpowiedni otwór drewnianego klocka generuje dźwięk, metalowej kulki otworzy pojemniczek z olejkiem eterycznym, plastikowy trójkąt uruchomi wibracje, dzięki silniczkowi zamontowanemu pod otworem w obudowie [2].



Rys. 3. Czujnik pojemnościowy [7]

## 4. BADANIE SIŁY NACISKU U DZIECI Z ZABURZENIAMI MOTORYKI

Przeprowadzono badania w jednej ze Szkół Specjalnych, których celem był pomiar siły nacisku oraz precyzji chwytu pęsetkowego. W celach porównawczych badaniom poddano dwójkę prawidłowo rozwijających się dzieci. Pomiaru dokonano przy pomocy układu składającego się z dwóch czujników siły, mini modułu z procesorem Atmega32, wskaźnika diodowego oraz głośnika. Wraz ze wzrostem siły nacisku dziecka na obszar aktywny czujnika, następowało zwiększenie się liczby zapalonych diod (wskaźnik ilościowy chwytu) – bodziec wzrokowy [3]. Zastosowano również motywację w formie efektu dźwiękowego, który aktywował się w momencie osiągnięcia, maksymalnej (założonej) siły nacisku.



Rys. 4. Badania siły nacisku z udziałem dzieci zdrowych [3]

Badaniom poddano 17 uczniów w wieku od 9 do 18 lat z zaburzeniami powodującymi opóźnienia w rozwoju motoryki, do których należą dzieci z autyzmem, upośledzeniem umysłowym, mózgowym porażeniem dziecięcym, wodogłowiem i dzieci z uszkodzeniami lub zaburzeniami czynności układu nerwowego.

Uśrednione wyniki dla lewej ręki:

Tabela 1. Uśrednione wyniki dla lewej ręki

Lp.	Schorzenie	Wynik w [V]		Wynik w [N]	
		Min.	Max.	Min.	Max.
1.	Wodogłowiem	3.27	4.49	5.5	41
2.	Autyzm	3.26	4.32	5.5	6
3.	Mózgowe porażenie dziecięce	2.8	4.34	3.1	12
4.	Niskie napięcie mięśniowe	2.13	2.81	2.7	3.1
5.	Uszkodzenie czynności układu nerwowego	3.02	4.43	3.14	15

Uśrednione wyniki dla prawej ręki:

Tabela 2. Uśrednione wyniki dla prawej ręki

Lp.	Schorzenie	Wynik w [V]		Wynik w [N]	
		Min.	Max.	Min.	Max.
1.	Wodogłowiem	3.52	4.52	5.8	45
2.	Autyzm	3.27	4.5	6.63	43
3.	Mózgowe porażenie dziecięce	2.74	4.42	2.5	17
4.	Niskie napięcie mięśniowe	2.9	4.32	3.2	6
5.	Uszkodzenie czynności układu nerwowego	2.81	3.14	3.14	5.3

Otrzymano wyniki z zakresu 2.7N - 45N. Największą siłę nacisku uzyskali uczniowie z wodogłowiem (min. 5.8N. max. 45N). Dzieci autystyczne wykazały wartość minimalną mniejszą o 0.3N, jednak maksymalna jest niemal trzykrotnie niższa (max. 17N) w porównaniu do dzieci w wodogłowiem. Dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym cechuje bardzo duży rozrzut wyników (min. 2.5N. max. 43N). Uczniowie z niskim napięciem mięśniowym (min. 2.7N. max. 6N) oraz z uszkodzeniami czynności układu nerwowego (min. 3.14N. max. 5.3N) wykazują porównywalne do siebie wyniki, jednak są one najniższe spośród grupy osób badanych. Widoczna jest niewielka różnica wynosząca średnio 0.295N między lewą i prawą ręką. Wszystkie dzieci posiadają większą siłę nacisku w ręce prawej,

z wyjątkiem osoby badanej obciążonej uszkodzeniem czynności układu nerwowego, czego skutkiem są zaburzenia manipulacyjne lewej dłoni. Badani, u których rozwój przebiega prawidłowo wykazują porównywalne wyniki siły nacisku do osób ze schorzeniami takimi jak autyzm, czy wodogłowie. Maksymalna siła nacisku dzieci zdrowych wynosi 47N, podczas gdy minimalna nie spada poniżej 5.8N.

Nie jest możliwe jednoznaczne określenie zależności siły nacisku od płci oraz wieku, w związku z znacznymi różnicami w przebiegu choroby. Wyniki badań potwierdziły prawidłowość doboru skali pomiaru oraz zakres zmienność zapalania się poszczególnych diod wskaźnika siły nacisku w urządzeniu. Wzrost liczby powtórzeń ćwiczenia powoduje widoczną poprawę precyzji chwytu oraz zwiększenie siły nacisku dziecka na obszar aktywny czujników. Dzieci dążą do wykonania idealnego chwytu zgodnego z wzorcem, wyznaczonym przez strefę prawidłowego chwytu, w miejscu umieszczenia nakładek na długopis pod którymi umieszczono czujniki. Istotne jest, że każde z badanych dzieci, po wykonaniu kilku cykli powtórzeń było w stanie co najmniej raz osiągnąć maksimum założone w programie. Wiąże się to z zapaleniem wszystkich diod oraz wystąpieniem bodźca dźwiękowego, co działa bardzo podbudzająco i motywuje dziecko do podjęcia kolejnych prób.

## LITERATURA

- [1] Kirejczyk K.: Upośledzenie umysłowe - pedagogika pod redakcją Kazimierza Kirejczyka., PWN, 1981
- [2] Malara M.: Praca dyplomowa magisterska, Projekt interaktywnych plansz edukacyjnych dla dzieci niepełnosprawnych umysłowo, Zabrze, 2014
- [3] Raczyńska A.: Praca dyplomowa magisterska, Projekt interaktywnego urządzenia rehabilitacyjnego wspomagającego naukę chwytu pęsetowego u dzieci, Zabrze, 2014
- [4] <http://teleinfo.pb.edu.pl/lab/uklady-elektroniki-prof-2/cwiczenie5.pdfh>, 21.05.2014
- [5] <http://www.czujniki.pl/czujnikisily.htm>, 14.05.2014
- [6] <http://www.sick.com/pl/pl-pl/home/colour-sensors.aspx>, 10.05.2014
- [7] <http://automatykab2b.pl/prezentacja-artykul/2792-czujniki-elektroniczne-wofercie-schneider-electric>, 10.05.2014

## SENSORS – KEY TO SUPPORTING CHILDREN’S PSYCHOMOTOR DEVELOPMENT

**Abstract:** The article presents issues concerning the disorder and methods of supporting psychomotor development, the use of electronic components. In the absence of facilities tailored to the needs and limitations of children with disabilities, was done a review of available sensors. Verified them for use in devices design for children a disorder motility precise. Study was carried out precision and pressure force involving disabled and healthy children.